

## ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS NA AVALIAÇÃO DO ESTADO NUTRICIONAL DA CULTURA DA SOJA NAS CONDIÇÕES EDAFLOCLIMÁTICAS DO ESTADO DO TOCANTINS

**Jonathas Targino dos Santos<sup>1</sup>, Maria Eduarda de Souza Gomes<sup>2</sup>, Henrique Antunes de Souza<sup>3</sup>, Marcus André Ribeiro Correia<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Estudante do Curso Superior de Engenharia Agrônoma do Campus Colinas do Tocantins – IFTO. Bolsista do CNPq. e-mail: [targinojonathas88@gmail.com](mailto:targinojonathas88@gmail.com)

<sup>2</sup>Estudante colaboradora Curso Superior de Engenharia Agrônoma do Campus Colinas do Tocantins – IFTO. e-mail: [maria.gomes10@estudante.ifto.edu.br](mailto:maria.gomes10@estudante.ifto.edu.br)

<sup>3</sup>Doutor em Produção Vegetal – Embrapa Meio Norte. Pesquisador Colaborador Embrapa Meio Norte; e-mail: [henrique.souza@embrapa.br](mailto:henrique.souza@embrapa.br)

<sup>4</sup>Doutor em Solos e Nutrição de Plantas do Campus Colinas do Tocantins – IFTO. Professor Orientador; e-mail: [correia@ifto.edu.br](mailto:correia@ifto.edu.br)

**Resumo:** A soja é um produto agrícola de grandes interesses mundial graças à versatilidade de aplicação de seus produtos na alimentação humana e animal e ao seu valor econômico nos mercados nacional e internacional. O adequado balanço nutricional garante a eficiência produtiva desta cultura nas diferentes regiões cultivadas. Neste sentido objetivou-se, com este trabalho estabelecer os índices de referência DRIS para a cultura da soja a partir de dados provenientes de monitoramento nutricional de duas lavouras comerciais, amostradas em duas regiões do estado do Tocantins nos municípios de Palmas e Paraíso do Tocantins. Foram gerados os índices DRIS considerando a relação nutricional entre N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Cu, Zn e Mn. Os elementos enxofre, boro zinco e manganês apresentaram índices DRIS com maiores discrepâncias em relação ao Índice de Balanço Nutricional médio IBNm. -Os demais elementos foram considerados adequados pelo método do Índice de Balanço Nutricional médio IBNm.

**Palavras-chave:** *Glycine max* (L.), índice DRIS, nutrição mineral

### 1 INTRODUÇÃO

O estado nutricional das plantas é avaliado por meio da diagnose foliar, análise de tecidos vegetais, que utiliza a folha como o órgão que reflete melhor o estado nutricional da cultura (Malavolta, 2006). A análise química foliar é importante para o ajuste fino da adubação, visando a maximizar a produtividade e a aumentar a eficiência no uso dos fertilizantes.

Entretanto a interpretação da análise química foliar de uma planta ou lavoura podem ser obtidas por diferentes métodos, os quais visam o estabelecimento de valores que tornam a identificação da concentração dos nutrientes nas plantas em teores ou faixas adequadas, principalmente no tecido foliar.

Os métodos usualmente utilizados para a avaliação do estado nutricional, em geral, não levam em consideração as interações que ocorrem entre os nutrientes. A avaliação do estado nutricional das plantas tem sido amplamente utilizada e discutida, com o intuito de possibilitar intervenções mais precisas em sistemas de produção de grãos, por meio de práticas de manejo e da adubação, sendo baseadas na interpretação de resultados de análise foliar (URANO-FRANCO et al., 2007).

No contexto que se insere nutrição e adubação de plantas, tem-se uma ferramenta agrotecnológica de extrema significância nos dias atuais: a diagnose foliar, a qual tem por objetivos proporcionar o conhecimento do estado nutricional das plantas e das diferentes culturas num determinado momento fisiológico e é capaz de permitir o avanço de níveis produtivos das culturas em função do equilíbrio nutricional.

De posse dos valores da análise do tecido vegetal, algumas ferramentas agrotecnológicas podem ser empregadas para avaliar o estado nutricional das plantas, no caso o Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação (DRIS), alternativa viável cientificamente, capaz de inferir respostas rápidas e práticas no decorrer do desenvolvimento das lavouras, pois é considerado um método de interpretação holístico, menos afetado por alguns fatores que influenciam no teor de nutrientes nas plantas e, além disso, é capaz de ordenar os nutrientes em sua ordem de limitação e importância naquele momento (CRESTE, 2008). O conceito do DRIS foi introduzido por Beaufils (1973), sendo um método de diagnose nutricional de plantas que se baseia no cálculo de um índice para cada nutriente, considerando sua relação com os demais, e comparando cada relação com as relações médias de uma população de referência.

Na cultura da soja já foi desenvolvido softwares DRIS (Sistema Integrado de Diagnose e Recomendação) pela Embrapa Soja, com produção dos índices DRIS para macro e micronutrientes para o estado do Paraná (<http://www.cnpso.embrapa.br/dris/>), e pela Embrapa Agropecuária Oeste, com produção de índices DRIS para as regiões do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (<http://www.cpa0.embrapa.br/dris/>).

Apesar de haver trabalhos iniciais com o uso do DRIS para lavouras de soja em parte das áreas de produção no Brasil, há necessidade de se expandir as ações considerando, por exemplo, algumas peculiaridades regionais a exemplo das condições edafoclimáticas. Adicionalmente a este fato, para o estado do Tocantins ainda não há iniciativas de pesquisa neste contexto científico em lavouras comerciais. Assim objetivou-se com este estudo estabelecer os índices de referência DRIS para a cultura da soja a partir de dados provenientes de monitoramento nutricional de duas lavouras comerciais, amostradas em duas regiões do estado do Tocantins.

## **2 METODOLOGIA**

As amostras dos tecidos foliares para obtenção dos dados nutricionais da cultura da soja ocorreu no ano safra 2019/2020, em duas lavouras comerciais, localizadas no estado do Tocantins, em específico, na Fazenda Tarumã, situada no município de Palmas e Fazenda Invernadinha, situada na região de Paraíso do Tocantins, nos dias 30/01/2020 e 31/01/2020.

### **2.1 Processos de coletas e preparo das análises de solo e foliar**

As coletas ocorreram na safra 2019/2020, sendo que foram coletadas 20 amostras em cada lavoura comercial, totalizando 40 amostras de tecidos foliares em 2 polos de produção de soja no estado do Tocantins. Os tecidos foliares foram obtidos por meio de amostragem da folha diagnóstica da soja (terceiro trifólio com pecíolo após o ápice, no estágio de pleno florescimento) segundo recomendação de Boearettto et al., (2009). Após coleta das folhas, as mesmas foram lavadas em água corrente, posteriormente, foram colocadas em uma estufa de circulação forçada de ar com temperatura de ( $\pm 65^{\circ}\text{C}$ ) até atingir massa constante, e depois foram moídas em moinho tipo Wiley com peneira de 1 mm sendo realizado no laboratório Instituto Federal do Tocantins, Campus Colinas do Tocantins.

Posteriormente, foram enviadas para análise química de macro (N, P, K, Ca e Mg) e dos micronutrientes (Cu, Fe, Mn, e Zn), conforme Myazawa et al. (2009), em que o P foram quantificados por colorimetria, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão em uma mistura de ácidos nítrico e perclórico; o nitrogênio foi determinado por micro Kjeldahl.

No mesmo momento da coleta da folha diagnóstica, foi coletado a amostra de solo, na camada de 0-0,2 m para análise de fertilidade do solo (pH, M.O., P, K, Ca, Mg, Na, Al, H+Al, SB, CTC, V e m) conforme Teixeira et al. (2017), em que pH foi determinado em água, M.O. pelo método de Walkley-Black, P, K e Na pelo método do duplo ácido (Melich1), Ca, Mg e Al empregou-se o extrator KCl e H+Al (acidez potencial) utilizou-se a extração com acetato de cálcio, sendo que as demais variáveis foram calculadas (SB, CTC, V e m). Ainda, de posse das amostras de solo realizou-se análise de textura do solo (Donagema et al., (2017), pelo método da pipeta. As amostras após coletadas foram homogeneizadas e secas ao ar (TFSA), e em seguida foram tamisadas em peneiras de 2 mm.

**Tabela 1-** Atributos químicos médios do solo em função dos ambientes de produção de soja em lavouras comerciais no estado do Tocantins.

Gleba	pH	M.O.	P	K	Ca	Mg	H+Al	CTC	SB	S	V
cm	CaCl <sub>2</sub>	g.dm <sup>-3</sup>	mg.dm <sup>-3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup> -----						mg.dm <sup>-3</sup>	%
0-20	6,6	1,0	5,9	0,12	3,5	1,9	1,90	7,5	5,52	3,8	73

Fonte: Santos, et al., (2021)

As informações utilizadas para a formação da base de dados foram os teores totais dos seguintes nutrientes (N, P, K, Ca e Mg, em g.kg<sup>-1</sup>; Zn, Cu, Mn e Fe, em mg.kg<sup>-1</sup>) nas folhas e a produtividade de grãos da soja. A base de dados foi dividida em duas subpopulações: uma com produtividade acima de 4.000,7 kg ha<sup>-1</sup> e outra com produtividade abaixo.

Para o cálculo do DRIS seguiu a metodologia empregada e descrita em Beaufils (1973). O IBN-Índice de Balanço Nutricional, foi calculado pelo somatório dos valores absolutos dos índices gerados para a amostra, obtidos para cada nutriente, e o Índice de Balanço Nutricional médio foi obtido pelo

IBN de cada amostra dividido pelo número de nutrientes que participam do cálculo (WADT, 1996). Para cada um dos nutrientes analisados, foram estabelecidas três classes nutricionais, considerando o índice DRIS do nutriente e o IBNm: deficiente, adequado e excessivo, seguindo o método proposto por Wadt (1996). O nutriente foi considerado deficiente quando apresentou índice DRIS negativo e, em módulo, mostrou valor maior que o IBNm; foi considerado adequado quando apresentou índice DRIS negativo ou positivo, porém em módulo menor que o IBNm; e excessivo quando o índice DRIS foi positivo, e, em módulo, o valor foi maior que o IBNm.

Para o estabelecimento das normas, a base de dados foi dividida em populações de alta e de baixa produtividade. Os cálculos da média, coeficiente de variação e da variância foram realizados para o grupo de alta e de baixa produtividade, utilizando-se as relações diretas e inversas. O índice de balanço nutricional (IBN) foi obtido somando-se os valores em módulo obtidos para os 9 nutrientes:

$$IBN = |IN| + |IP| + |IK| + [...] + |IFe| + |IMn| + |IZn|$$

O índice de balanço nutricional médio (IBNm) foi obtido dividindo-se o valor de IBN pelo número total de nutrientes (n):

$$IBNm = IBN / n$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os teores nutricionais médios das análises químicas da folha diagnóstica da soja coletado nas lavouras comerciais são apresentados na (Tabela 2). Comparando estes valores com os considerados como adequados para a cultura segundo as literaturas observa-se que para os elementos nitrogênio (N) de acordo com Raij et al., (2011) os teores adequados de N para cultura da soja variam de 40-54 g.kg<sup>-1</sup>, já segundo Malavolta (2006) que considera os teores de N entre 55-58 g.kg<sup>-1</sup> como adequados. Assim nota-se que os teores de (N) obtidos neste trabalho estão próximos dos considerados como adequados para a cultura da soja em ambas as literaturas mencionadas, sendo a diferença possivelmente oriunda das diferentes cultivares analisadas. Comportamento diferente do observado com o elemento enxofre (S) que obteve teor médio nutricional de 4,9 g.kg<sup>-1</sup> nas lavouras, sendo acima dos indicados na literatura de acordo a faixa considerada adequada por Malavolta (2006) com valores de 2,5-3,0 g.kg<sup>-1</sup>.

**Tabela 2-** Valores médios para os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cu e Mn da soja cultivado em lavouras comerciais no Estado do Tocantins.

<u>Teores médios</u>					
<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>
-----g.kg <sup>-1</sup> -----					
<u>49,6</u>	<u>2,9</u>	<u>14,9</u>	<u>10,0</u>	<u>4,7</u>	<u>4,9</u>
<u>Zn</u>	<u>Fe</u>	<u>Cu</u>	<u>Mn</u>	<u>B</u>	
-----mg.kg <sup>-1</sup> -----					
<u>29,0</u>	<u>120,7</u>	<u>9,1</u>	<u>53,7</u>	<u>33,2</u>	

Fonte: Santos, et al., (2021)

Quando a interpretação do estado nutricional é realizada pelo índice DRIS observa-se que o índice de nitrogênio- e enxofre IN e IS estão positivos, indicando uma interpretação de **excesso**, ou seja, quando apresenta índice DRIS negativo ou positivo, porém em módulo maior que o Índice de Balanço Nutricional Médio (IBNm) da população de referência de acordo com o proposto por Wadt (1996) (Tabela 3).

**Tabela 3** – Valores dos índices nutricionais, índice de balanço nutricional (IBN) e índice de balanço nutricional médio (IBNm) de lavouras comerciais de soja no estado do Tocantins.

IN	IP	IK	ICa	IMg	IS	IB	IZn	IFe	IMn	ICu	IBN	IBNm
19,12	-8,24	-6,21	4,55	-1,99	54,15	-22,65	-36,11	-10,27	22,46	-4,53	190,28	17,30

IN = índice de nitrogênio; IP = índice de fósforo; IK = índice de potássio; ICa = índice de cálcio; IMg = índice de magnésio; IZn = índice de zinco; IFe = índice de ferro; IMn = índice de manganês; ICu = índice de cobre; IBN = Índice de Balanço Nutricional; e IBNm = Índice de Balanço Nutricional Médio.

Fonte: Santos, et al., (2021)

Já os teores foliares médios analisados para fósforo (P) 2,9 g.kg<sup>-1</sup> e potássio (K) 14,9 g.kg<sup>-1</sup> estão abaixo da faixa de suficiência indicado na literatura (Tabela 4). Comparando com a avaliação pelos índices DRIS a interpretação diverge da faixa de suficiência apresentada por Malavolta (2006). Segundo o método proposto por Wadt (1996) os elementos se encontram com índices nutricionais adequados, ou seja, segundo o autor o elemento é considerado adequado quando o índice DRIS for positivo ou negativo, e, em módulo, o valor for menor que o IBNm, correspondendo os observados no trabalho com índices de IP e IK de -8,24 e -6,21 respectivamente e IBNm de 17,30 (Tabela 3). Vale ressaltar que nas lavouras não foi observado sintomatologia de deficiência nutricional dos respectivos elementos.

Para o elemento cálcio (Ca) segundo Malavolta (2006), os valores adequados de Ca em época de floração para cultura da soja estão entre 9-10 g.kg<sup>-1</sup> (Tabela 4), coincidindo com o teor médio de 10 g.kg<sup>-1</sup> observados nas lavouras comerciais (Tabela 2). Os resultados observados com os teores médios coincidem com a interpretação pelo método da faixa de suficiência em relação ao índice DRIS, observando que o ICa foi de 4,55 ou seja, foi considerado adequado quando apresenta índice DRIS negativo ou positivo, porém em módulo menor que o IBNm (Tabela 3). Mesmo comportamento foi observado para o elemento magnésio (Mg), considerado adequado de acordo com o índice DRIS.

**Tabela 04** – Teores adequados de macronutrientes para a cultura da soja.

N	P	K	Ca	Mg	S
-----mg.kg <sup>-1</sup> -----					
55-58	4,0-5,0	22-25	9-10	3,5-4,0	2,5-3,0

Fonte: Malavolta (2006)

Para os micronutrientes vale destacar os baixos teores de B, Zn, Fe, Cu observados nos tecidos foliares (Tabela 2), ao contrário do elemento Mn que se encontra acima da faixa de suficiência considerada como adequado segundo Malavolta (2006) expresso na (Tabela 5). Utilizando a interpretação do estado nutricional realizada pelo índice DRIS observa-se que somente o índice de boro IB -22,65 e zinco IZn -36,11 está em deficiência, ou seja, o nutriente foi considerado deficiente quando apresenta índice DRIS negativo e, em módulo, mostrou valor maior que o IBNm 17,30 (Tabela 3). Os índices de ferro IFe e cobre ICu são considerados como adequados, ou seja, em módulo mostra valores abaixo do IBNm.

**Tabela 04** – Teores adequados de macronutrientes para a cultura da soja.

B	Cu	Fe	Mn	Zn
-----mg.kg <sup>-1</sup> -----				
40-45	12-15	125-150	35-50	50-70

Fonte: Malavolta (2006)

Avaliando o índice do manganês IMn constatou-se um diagnóstico de elemento em excesso, ou seja, o nutriente é considerado em excesso quando apresenta índice DRIS positivo, e excessivo quando o índice DRIS foi positivo, e, em módulo, o valor foi maior que o IBNm (Tabela 3). Contudo ressalta-se que no campo a sintomatologia de deficiência não chegou a ser evidenciada a nível de tecido em todas as lavouras comerciais analisadas.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do estado nutricional por meio dos índices DRIS mostraram-se eficientes, sendo uma ferramenta a mais para diagnosticar o adequado balanço nutricional da cultura da soja.

Novas análises para determinar normas DRIS em populações de referência maior deve ser pesquisado, para garantir um diagnóstico cada vez mais próximo das realidades das lavouras comerciais no estado do Tocantins.

#### REFERÊNCIAS

BEAUFILS, E. R. **Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)**. Bloemfontein: University of Natal, 1973, p. 132. (Soil Sci. Bulletin, 1).

BOARETTO, A.E.; RAIJ, B.V.; SILVA, F.C.; CHITOLINA, J.C.; TEDESCO, M.J.; CARMO, C.A.F.S. Análise química do tecido vegetal. In: SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2009. 59-85p.

CRESTE, J.E. Perspectivas do DRIS em culturas de alta produtividade. In: PRADO, R.M.; ROZANE, D. E. et al. **Nutrição de plantas - diagnose foliar em grandes culturas**. Jabocabal: Santa Terezinha, 2008. p.83-105.

DONAGEMMA, G. K. et al., Manual de métodos de análise de solo, ed. 3, revisado e ampliado – Brasília, DF : Embrapa, 2017.

Miyazawa, M.; Pavan, M. A.; Muraoka, T.; Carmo, C. A. F. S.; Melo, W. J. Análise química de tecido vegetal. In: Silva, F. C. (ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. Brasília: Embrapa informação tecnológica, 2009. Cap.1, p.193-233.

PARENT, L. E.; NATALE, W. CND: vantagens e benefícios para culturas de alta produtividade. In: PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; VALE, D. W.; CORREIA, M. A. R.; SOUZA, H. A. (Ed.). Nutrição de plantas: diagnose foliar em grandes culturas. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2008. p. 105-114.

PARENT, L. E.; DAFIR, M. A. The oretical concept of compositional nutrient diagnosis. Journal American Society Horticultural Science, v. 117, p. 239-242, 1992.

PARENT, L. E.; NATALE, W.; ZIADI, N. Compositional nutrient diagnosis of corn using the Mahalanobis distance as nutrient imbalance index. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 89, n. 4, p. 383-390, 2009.

RAIJ, B.V. et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

URANO, E.O.M.; KURIHARA, C.H.; MAEDA, S.; VITORINO, A.C.T.; GONÇALVES, M.C. & MARCHETTI, M.E. Determinação de teores ótimos de nutrientes em soja pelos métodos chance matemática, sistema integrado de diagnose e recomendação e diagnose da composição nutricional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:63-72, 2007.

WADT, P. G. S.; ANGHINONI, I.; GUINDANI, R. H. P.; LIMA, A. S. T.; PUGA, A. P.; SILVA, G. S., PRADO, R. M. Padrões nutricionais para lavouras arrozearas irrigadas por inundação pelos métodos da CND e chance matemática. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 145-156, 2013.

WADT, P.G.S. Os métodos da chance matemática e do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação do estado nutricional de plantios de eucalipto. **Viçosa: UFV**, 1996. 123f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.